

## Caracterização de Linhagens de Milho Quanto aos Teores de Minerais nos Grãos

O desenvolvimento de alimentos biofortificados, que sejam também baratos e fáceis de serem produzidos, processados e consumidos, se constitui em uma das contribuições que a pesquisa agropecuária tem oferecido para a atenuação do problema da desnutrição. Devido à sua amplitude e à facilidade de produção e consumo, o milho é um dos cereais-alvo para o desenvolvimento de cultivares com maior valor nutricional.

Para a cultura do milho, o objetivo do projeto Harvest Plus é gerar tecnologias e conhecimentos para o desenvolvimento de cultivares, normais e com melhor qualidade protéica, com maiores teores de ferro, zinco e pró-vitamina A nos grãos, que deverão ser plantadas e consumidas em diversos países em desenvolvimento. Para que cultivares biofortificadas sejam amplamente utilizadas, será necessário também que sejam produtivas, adaptadas aos diversos níveis de tecnologia e ambientes e tolerantes aos principais estresses bióticos e abióticos do cinturão tropical de milho. Diversas instituições participam desse projeto, tais como: CIMMYT- México, IITA- Nigéria, Universidades de Illinois e Cornell - EUA e Embrapa - Brasil. O desenvolvimento de cultivares de milho biofortificadas é uma das alternativas para atenuação do problema da desnutrição.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade dos teores de minerais nos grãos de linhagens de milho e selecionar materiais com maiores teores de Fe e Zn no âmbito do projeto Harvest Plus.

### Metodologia

Grãos de linhagens de milho foram secos a 65 °C, moídos em moinho de aço inoxidável e digeridos com mistura de ácido nítrico e ácido perclórico (Silva, 1999). Realizou-se leitura dos minerais Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, S, Si, V e Zn em espectrômetro de plasma, ICP Vista – Varian. Dois grupos de genótipos foram analisados: o primeiro com 301 linhagens (113 de endosperma normal e 118 QPM) e o segundo com 984 materiais (endosperma normal, predominantemente linhagens).

### Resultados

Considerando o primeiro grupo de genótipos avaliados, as correlações entre teores de minerais variaram de -0,34 a 0,83. Mg x P (0,84), Mg x P (0,76) e P x V (0,59) apresentaram os maiores coeficientes em valores absolutos. Para Fe e Zn, os maiores coeficientes de correlação foram Fe x Zn (0,47), Fe x Al (0,47), Zn x Cu (0,40) e Zn x Al (0,37). Algumas linhagens, principalmente QPM, apresentaram teores superiores para ambos os minerais (Fe e Zn) e diversos minerais apresentaram considerável amplitude de variação (Tabela 1). Para Fe e Zn, em 113 linhagens de milho normal as amplitudes de variação foram de 11,3 a 29,9 mg/kg e 15,2 a 33,5 mg/kg,

64

Circular  
Técnica

Sete Lagoas, MG  
Dezembro, 2005

### Autores

**Paulo Evaristo de Oliveira  
Guimarães**  
Eng. Agr., Ph. D., Embrapa  
Milho e Sorgo. Caixa Postal  
151 CEP 35701-970 Sete  
Lagoas, MG. E-mail:  
evaristo@cnpmc.embrapa.br

**Paulo Eduardo de Aquino  
Ribeiro**  
**Maria Cristina Dias Paes**  
Técnicos de Nível Superior da  
Embrapa Milho e Sorgo

**Robert Eugene Schaffert**  
**Vera Maria Carvalho Alves**  
**Antônio Marcos Coelho**  
Pesquisadores da Embrapa  
Milho e Sorgo

**Marília Nutti**  
**José Luiz Carvalho Viana**  
Pesquisadores da Embrapa  
Agroindústria de Alimentos

**Ana Rita de Araújo Nogueira**  
**Gilberto Batista de Souza**  
Pesquisadores da Embrapa  
Pecuária Sudeste

respectivamente. Teores de Fe e Zn variaram, respectivamente, de 11,3 a 46,8 e de 15,2 a 53,8 mg/kg em um grupo de 188 linhagens QPM.

Considerando o segundo grupo, com 984 materiais avaliados, as correlações entre teores de minerais variaram de -0,04 a 0,90. P x K (0,90), S x Mg (0,74) e S x P (0,73) apresentaram os maiores coeficientes. Para Fe e Zn, os maiores coeficientes foram Zn x S (0,73), Zn x Mg (0,72), Zn x Fe (0,69) e Mg x Fe (0,68). Similar ao observado no grupo 1, algumas linhagens apresentaram teores superiores, tanto para Fe quanto para Zn, e diversos minerais apresentaram considerável amplitude de variação (Tabela 2). Para Fe

e Zn, as amplitudes de variação foram de 2,5 a 70,5 mg/kg e de 4,5 a 63,1 mg/kg, respectivamente (Tabela 2).

Resultados para teores de Fe e Zn têm que ser interpretados com cautela, visto que a avaliação (gerações e ambientes distintos) de um grupo de linhagens previamente selecionadas para teores superiores de Fe e Zn (Tabela 3), indicou, para a geração de endogamia mais avançada (predominantemente S3), valores médios inferiores ( $p < 0,01$ ) para Fe (principalmente) e Zn e correlações baixas, em torno de 0,20 para ambos os minerais, entre essas duas gerações. Esses resultados podem ter

Tabela 1. Linhagens de milho (QPM e normais) selecionadas para teor de Fe + Zn nos grãos e amplitude de variação para teor de 13 minerais em um grupo de 301 linhagens avaliadas.

Linhagem	Al	Ba	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	P	S	Si	V	Zn	Zn + Fe
	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)
QPM														
1	55.1	1.4	104.3	11.1	34.7	2359	841	5.7	2327	1352	7.4	0.8	53.8	88.4
2	19.2	2.7	93.9	1.8	35.2	3132	1058	7.3	2961	1260	9.2	2.4	42.5	77.7
3	27.8	24.9	111.4	1.7	34.9	3267	877	8.0	2182	1299	3.5	1.8	39.6	74.5
4	37.3	26.7	86.7	0.9	46.8	3406	1070	7.4	3267	1589	4.6	1.4	27.2	74.0
5	25.9	1.1	91.4	2.9	24.9	3235	1092	7.7	2838	955	7.0	2.1	43.0	67.9
Normal														
1	39.5	23.8	82.5	1.7	26.3	3345	1273	2.9	3691	1404	0.6	2.1	33.5	59.8
2	8.3	5.6	66.3		29.9	2903	1009	3.0	3293	1523	0.6	1.9	27.4	57.2
3	13.7	9.0	87.6	2.1	22.3	3692	1747	5.3	4971	1839	0.7	4.7	31.9	54.2
4	15.7	25.0	48.3	0.9	20.6	2934	1181	2.1	4058	1521	1.6	2.2	33.2	53.8
5	5.7	16.2	50.8	0.3	21.2	2757	951	1.4	3387	1177	0.8	1.8	30.3	51.5
Média	11.3	11.8	77.7	1.0	19.1	3379	988	4.6	2989	1302	4.7	1.9	24.4	43.3
Max	145.6	49.6	306.5	20.3	46.8	6180	1747	11.5	4971	1873	44.7	4.7	53.8	88.4
Min	3.4	0.0	21.0	0.0	11.3	2163	577	0.3	1749	829	0.5	0.0	15.2	28.5

Tabela 2. Linhagens de milho selecionadas pelo teor de Fe + Zn nos grãos e amplitude de variação para teor de 12 minerais em um grupo de 984 genótipos avaliados.

Linhagem	AL	Ba	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Zn	Fe + Zn
	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)
49911	7.2	4.3	35.6	1.9	63.0	3863	835	3.4	8.7	2698	1269	28.9	91.9
50082	8.0	1.5	56.7	1.0	70.5	4329	811	3.9	0.0	3620	1504	35.4	105.9
50280	19.4	2.0	247.4	6.1	39.6	11746	2855	10.7	11.9	10639	2770	63.1	102.7
50264	12.3	1.0	135.2	0.9	43.7	10546	2794	10.2	0.0	9477	2430	53.0	96.7
50268	15.7	2.4	127.8	1.6	36.2	8736	2497	12.1	11.9	8727	3042	57.3	93.5
49680	47.1	17.5	152.6	0.0	39.2	7724	2282	2.5	14.3	6805	2247	52.0	91.2
50266	11.1	1.7	147.4	0.0	35.6	11572	2427	9.7	0.0	9427	2152	54.7	90.3
50557	25.3	6.7	131.8	3.2	34.8	11465	2091	12.3	0.0	7801	2410	55.2	90.0
50064	45.5	3.0	133.2	6.2	37.2	18795	1735	13.2	12.8	12508	2902	47.8	85.0
50285	16.9	6.6	65.1	0.0	32.5	10396	1683	7.2	0.0	7739	2203	50.6	83.1
50258	12.4	1.8	179.0	2.3	29.0	9591	2703	12.6	0.0	9166	3048	50.7	79.7
50283	10.7	1.0	80.9	0.3	28.2	7238	1901	9.7	0.0	6461	1792	50.5	78.7
50387	14.5	9.3	130.3	3.1	32.5	6270	2078	14.3	6.9	6738	2390	45.7	78.2
Média	18.4	5.9	55.6	1.5	16.0	5069	1058	3.8	4.9	3960	1234	21.8	37.8
Max	292.2	234.9	350.9	28.4	70.5	22310	2794	22.6	64.8	13555	3048	63.1	105.9
Min	0.0	0.0	11.2	0.0	2.5	1274	406	0.0	0.0	1475	508	4.5	7.5

diversas explicações, que precisam ser posteriormente investigadas, tais como efeito de ambiente (associado a geração de endogamia), efeito de geração de endogamia, interação genótipo x ambiente, interação genótipo x geração de endogamia e efeito de lavagem prévia dos grãos na geração S N + 1.

## Conclusão

Há variabilidade considerável para teores de diversos minerais em grãos de milho. Foi possível selecionar linhagens apresentando simultaneamente maiores teores de Fe e Zn. Para esses dois minerais, futuros estudos deverão avaliar a herança e interação GxA

Tabela 3. Reavaliação de linhagens previamente selecionadas pelos teores de Fe e Zn.

Linhagem	Endosperma	Geração			
		S N + 1		S N	
		Fe	Zn	Fe	Zn
531615	Normal	19.4	56.7	22.4	42.4
531630	Normal	31.8	54.8	28.2	50.5
531603	Normal	20.1	42.7	43.7	53.0
531142	Normal	23.2	41.4	63.0	28.9
531315	Normal	25.2	40.7	37.2	47.8
531616	Normal	25.8	40.1	20.1	40.2
531200	Normal	26.6	39.6	21.1	39.7
530468	QPM	17.6	39.2	23.8	33.1
530515	QPM	15.1	38.5	27.9	35.5
530515	QPM	15.1	38.5	46.8	27.2
530515	QPM	15.1	38.5	33.9	24.0
532089	Normal	15.1	37.7	25.9	36.7
530991	Normal	28.3	36.2	33.5	33.0
531607	Normal	13.4	35.3	36.2	57.3
531605	Normal	17.5	35.1	35.6	54.7
531371	Normal	18.6	33.9	36.3	23.5
530445	QPM	16.6	33.7	20.3	34.2
531601	Normal	20.7	33.5	28.2	34.9
531650	Normal	23.4	33.4	25.3	35.5
530474	QPM	17.0	32.0	35.2	31.3
530503	QPM	18.3	31.8	24.9	43.0
530503	QPM	18.3	31.8	22.9	29.1
530503	QPM	18.3	31.8	19.6	27.2
532100	Normal	17.1	31.3	18.8	43.5
530347	QPM	18.1	31.0	22.8	33.0
530347	QPM	18.1	31.0	24.1	31.8
531419	Normal	21.2	30.4	38.4	27.4
531652	Normal	16.4	30.2	28.1	46.1
531635	Normal	18.7	29.9	32.5	50.6
530492	QPM	20.8	29.9	26.1	30.6
530406	QPM	14.8	29.7	20.9	33.0
531269	Normal	19.1	29.3	29.0	33.0
532088	Normal	19.9	29.2	34.8	55.2
531669	Normal	17.1	28.6	25.2	38.9
531665	Normal	17.9	28.3	20.9	37.0
532272	Normal	20.1	27.9	35.4	22.9
531343	Normal	18.1	27.5	70.5	35.4
530362	QPM	18.0	27.5	35.2	42.5
530783	N1	22.1	27.5	26.3	33.5
530664	QPM	19.0	27.4	34.9	39.6
531007	Normal	14.6	27.3	33.1	36.1

Tabela 3. Continuação

Linhagem	Endosperma	Geração			
		S N + 1		S N	
		Fe	Zn	Fe	Zn
530405	QPM	14.4	27.2	24.0	30.5
530511	QPM	14.1	27.1	27.5	28.4
530497	QPM	12.1	26.3	19.8	36.0
530497	QPM	12.1	26.3	13.0	19.9
530605	QPM	15.8	26.3	34.7	53.8
530605	QPM	15.8	26.3	15.7	26.3
531343	Normal	18.8	26.1	70.5	35.4
531956	Normal	13.0	26.1	23.9	42.6
530434	QPM	15.4	25.8	27.2	32.5
530434	QPM	15.4	25.8	25.7	26.9
530434	QPM	15.4	25.8	18.6	26.0
531645	Normal	18.9	25.7	37.5	38.6
530862	Normal	17.1	25.5	39.2	52.0
531600	Normal	13.8	25.5	24.5	36.5
530397	QPM	13.7	24.8	32.0	24.8
531597	Normal	16.8	24.7	25.3	37.4
531268	Normal	17.4	24.4	27.0	32.3
530599	QPM	15.5	24.3	22.1	32.3
530599	QPM	15.5	24.3	22.0	29.3
531282	Normal	21.8	24.3	34.5	33.1
530370	QPM	11.9	24.1	19.0	35.8
530370	QPM	11.9	24.1	16.7	29.8
531626	Normal	17.0	23.9	39.6	63.1
530398	QPM	12.0	22.7	23.0	34.5
530627	QPM	14.4	22.0	21.3	34.7
530627	QPM	14.4	22.0	26.2	26.9
530627	QPM	14.4	22.0	15.7	20.5
531598	Normal	18.6	21.8	24.7	33.2
531627	Normal	14.0	21.7	32.8	41.4
531591	Normal	15.0	19.0	27.3	42.3
Média		17.6	30.1	29.3	36.2
Máximo		31.8	56.7	70.5	63.1
Mínimo		11.9	19.0	13.0	19.9

dos teores *per se* e da sua biodisponibilidade, visando ao desenvolvimento de cultivares biofortificadas.

## Referências Bibliográficas

BÄNZIGER, M.; LONG, J. The potential for increasing the iron and zinc density of maize through plant

breeding. **Food and Nutrition Bulletin**, Tokyo, v. 21, p. 397-400, 2000.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

### Circular Técnica, 64

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Milho e Sorgo**

Endereço: MG 424 Km 45 Caixa Postal 151 CEP

35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3779 1000

Fax: (31) 3779 1088

E-mail: sac@cnpmis.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2005): 200 exemplares

### Comitê de publicações

**Presidente:** Antônio Carlos de Oliveira

**Secretário-Executivo:** Paulo César Magalhães

**Membros:** Camilo de Lélis Teixeira de Andrade,

Cláudia Teixeira Guimarães, Carlos Roberto Casela,

José Carlos Cruz e Márcio Antônio Rezende Monteiro

### Expediente

**Supervisor editorial:** Clenio Araujo

**Revisão de texto:** Clenio Araujo

**Editoração eletrônica:** Dilermando Lúcio de Oliveira